



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 08178637

(43)Date of publication of application: 12.07.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
G06E 3/00
G06F 15/18
G06T 7/60
G06G 7/60

(21)Application number: 06325302

(71)Applicant:

MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing: 27.12.1994

(72)Inventor:

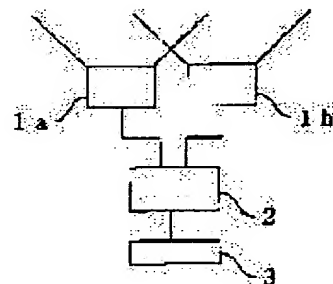
TAKAHASHI MASANOBU
MAKITA JUNKO
MIYAKE YASUNARI

(54) DEVICE AND METHOD FOR IMAGE PROCESSING

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform information processing at high speed as to distance measurements, detection of movement, and speed measurements, etc., through parallax detection by employing optical neuro chips in constituting a correlation computing device that calculates the correlation matrix of information about the contour of an object.

CONSTITUTION: A correlation computing device 2 computes correlations and the sum of correlations on the basis of information about the contour of an object, derived from contour detecting devices 1a, 1b, and a computer 3 then calculates the amount of strongly correlated deviation and the distance to the object, etc., based on the results computed. Artificial retina elements are used as the contour detecting devices 1a, 1b and can detect a contour for one scanning line simultaneously and in parallel. The correlation computing device 2 comprises optical neuro chips having an output circuit for processing outputs from the artificial retina elements, and the output circuit of the optical neuro chips adds together the outputs of the array of artificial retina elements in the diagonal direction of the array and outputs the result. Data for calculating correlation matrix are input to the power supply circuit of the light emitting elements of the optical neuro chips, so that matrix calculations can be performed at high speed.



LEGAL STATUS

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-178637

(43)公開日 平成8年(1996)7月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24		K		
G 0 6 E 3/00				
G 0 6 F 15/18	5 2 0	B		
G 0 6 T 7/60				

9061-5H G 0 6 F 15/ 70 3 5 0 J

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-325302

(22)出願日 平成6年(1994)12月27日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 高橋 正信

兵庫県尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三

菱電機株式会社半導体基礎研究所内

(72)発明者 牧田 淳子

兵庫県尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三

菱電機株式会社半導体基礎研究所内

(72)発明者 三宅 康也

兵庫県尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三

菱電機株式会社半導体基礎研究所内

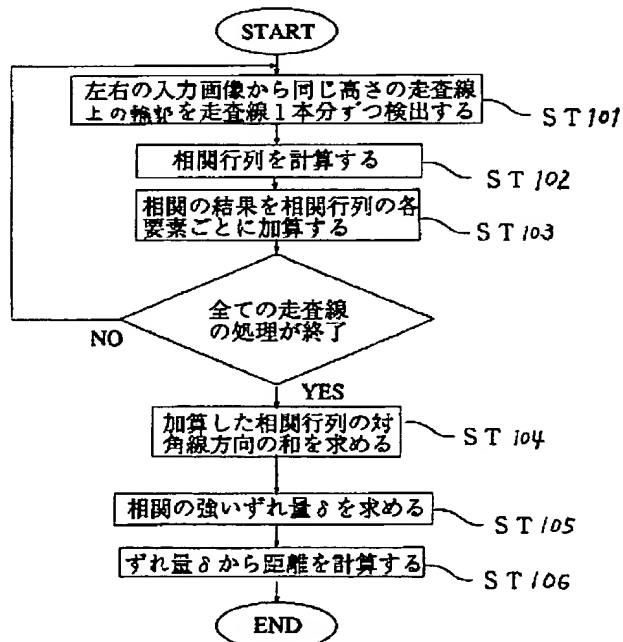
(74)代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

(54)【発明の名称】 画像処理装置及び画像処理方法

(57)【要約】

【目的】 1つあるいは複数の物体までの距離測定や物体の移動検出などを高速且つ高精度に実行する画像処理装置及び画像処理方法を提供する。

【構成】 人工網膜素子により画像の輪郭を検出し、2つの画像の同じ高さの走査線の輪郭情報の相関を光ニューロチップからなる相関演算装置により高速に計算し、その相関の結果を用いて物体までの距離測定や物体の移動検出などの情報を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像の輝度差より物体の輪郭を検出する輪郭検出装置を、該輪郭検出装置上の走査線方向に離れて 2 台配置し、該 2 台の輪郭検出装置により検出され対応する一走査線分の 1 組の輪郭情報の相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体までの距離を計算する計算機とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 画像の輝度差より物体の輪郭を検出する輪郭検出装置と、第 1 のメモリに記憶された特定の時刻の物体の輪郭情報を用いて、異なる時刻間の物体の輪郭情報を画像の一走査線毎に相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体の走査線方向の移動角度を計算する計算機とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 計算された移動角度の情報を基に、配置された輪郭検出装置の物体の走査線方向への設置角度を制御する設置角度制御装置をさらに備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】 輪郭検出装置が、2 次元のアレイ状に配置され制御電圧回路から印加された制御電圧と照射される光の強度および照射時間の積に応じた光検出感度を順次加算し記憶する機能を有する感度可変受光素子と、該感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路とを備えた人工網膜素子であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】 相関演算装置が、感度可変受光素子と発光素子とを積層して 2 次元のアレイ状に配置し、該感度可変受光素子に印加する制御電圧回路と、発光素子を発光させるための電源供給回路と、感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路を備えた光ニューロチップにより構成され、該光ニューロチップにおける出力回路がアレイ状の感度可変受光素子の出力をアレイの斜め方向に加算して出力する出力回路であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】 相関演算装置が、一走査線毎の情報の相関行列を並列に計算し、相関行列の要素毎に並列に加算する機能を有する学習機能付きニューロチップを備えた相関演算装置であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】 輪郭検出装置に、分解能制御装置をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】 輪郭検出装置が、撮像機と該撮像機によって得られた画像を計算処理して物体の輪郭情報を得る計算機とで構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】 相関演算装置により求めた相関行列の対

角方向への和の値を記憶する第 2 のメモリを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】 複数の入力画像から同じ高さの走査線毎にそれぞれの走査線中の輝度差により輪郭情報を検出する第 1 のステップと、同じ高さの走査線の輪郭情報の相関行列を計算する第 2 のステップと、第 2 のステップにより求められた相関行列を行列の要素毎に加算する第 3 のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第 4 のステップと、第 4 のステップで求めた相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第 5 のステップと、該ずれ量から物体の距離を計算する第 6 のステップとを備えた画像処理方法。

【請求項 11】 入力画像から走査線中の輝度差により走査線毎に輪郭情報を検出する第 1 のステップと、メモリから特定時刻の画像の前記入力画像と同じ高さの走査線の輪郭情報を読み出す第 2 のステップと、異なる 2 つの時刻の輪郭情報の相関行列を計算する第 3 のステップと、第 3 のステップにより求められた相関行列を行列の要素毎に加算する第 4 のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第 5 のステップと、第 5 のステップで求めた相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第 6 のステップと、該ずれ量から物体の走査線方向の移動角度を計算する第 7 のステップとを備えた画像処理方法。

【請求項 12】 物体の走査線方向の移動角度の情報から画像を取り込む検出装置の走査線方向の設置角度を制御する第 8 のステップをさらに備えたことを特徴とする請求項 11 に記載の画像処理方法。

【請求項 13】 相関行列の対角方向の和を求める第 5 のステップの後に、第 6 及び第 7 のステップに代わって、相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させるステップと、異なる時刻のずれ量と相関行列の対角方向の和をメモリから読み出し、該異なる時刻の相関行列の対角方向の和を比較し差分値を計算するステップと、該差分値及びそれぞれの時刻のずれ量から物体の移動に関する情報を計算するステップとを備えたことを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の画像処理方法。

【請求項 14】 請求項 10 の物体の距離と、請求項 11 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載の物体の走査線方向の移動角度とから物体の走査線方向の移動速度を計算するステップを備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 15】 予め物体のない背景画像による輪郭情報をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報として、前記予め物体のない背景画像による輪郭情報を用いることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の画像処理方法。

【請求項 16】 予め物体のない背景画像の輪郭情報に

よる相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報による相関行列の対角方向の和として、前記予め物体のない背景画像の輪郭情報による相関行列の対角方向の和を用いることを特徴とする請求項 1 3 に記載の画像処理方法。

【請求項 1 7】 相関行列を計算するステップにおいて、輪郭情報の一部を用いて相関行列を計算することを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 1 8】 相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求めるステップにおいて、走査線の輪郭情報の相関行列を計算し要素毎に加算するステップで生じる相関の強い行列の偽の要素を除去する手法を用い、該手法が相関行列の対角線からのずれ量に対し相関の強い行列の真の要素と対称な位置に生じる要素を除去するものであることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 1 9】 別の手段により取り込まれた画像を用い、該画像の走査線毎の輪郭情報に相当するベクトルを計算するステップを備えたことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】この発明は、複数のパターンの相関を計算することにより物体等までの距離測定や移動検出、速度測定などを行う画像処理装置及び画像処理方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】従来、複数のパターンの相関を計算して物体等までの距離を測定する手法として、ステレオ視による視差検出を利用する方法があった。以下この方法を利用して距離を測定する原理について説明する。

【0 0 0 3】ステレオ視による距離測定は、横方向に離れた位置にある 2 台の撮像機から撮り入れた画像から物体の視差を検出して距離を測定するものである。図 19 は、その原理説明図である。図において、撮像機 100 a のレンズ L と撮像機 100 b のレンズ R は、その中心が X 軸上でかつ Z 軸に対称に距離 d だけ離れた位置に配置されている。2 台の撮像機 100 a、100 b から座標 (X_p, Z_p) の物体の画像を撮り入れると、レンズから距離 l だけ離れた位置にあるそれぞれの撮像機の撮像面 V_L, V_R 上に映し出される像の位置 P_L, P_R は、撮像面の中心 C_L, C_R から距離 x_L, x_R だけずれたところになる。この時、三角形の相似から次式の関係が成り立つ。

$$Z_p / l = - (d / 2 + X_p) / x_L \quad \dots (1)$$

$$Z_p / l = (d / 2 - X_p) / x_R \quad \dots (2)$$

これから X_p を消去すると、次のようになる。

$$Z_p = l \cdot d / (\delta \times w) \quad \dots (3)$$

$$\delta = (x_R - x_L) / w \quad \dots (4)$$

ここで、w は撮像面の 1 画素のサイズである。レンズ間の距離 d とレンズと撮像面の距離 l が与えられているので、 $(x_R - x_L)$ が求まれば物体までの距離 Z_p が求まる。ステレオ視による距離測定の原理は、この量 $(x_R - x_L)$ を対応点問題を解くことにより求めるものである。なお、 $(x_R - x_L)$ を求めるかわりに、(4) 式で与えられる画素数でのずれ量 δ (以下では単にずれ量と呼ぶ) を求めても、同様に距離を測定できる。さらにこのステレオ画像のパターンを利用し、パターンマッチング等を行っていた。

【0 0 0 4】しかし、以上のようなステレオ視による画像を利用した距離方法や画像処理方法には、次のような問題があった。それは、見る方向の違いから 2 つの撮像機による左右の画像間には幾何学的なずれ、あるいは変形があり、更に画像データにはノイズが多いため、従来のステレオ画像処理方法では演算結果に、即ち距離計測やパターンマッチングの信頼性に欠けていた。

【0 0 0 5】このステレオ画像処理による視差の演算結果の信頼性を向上させる方法が提案されている。図 20 は、例えば特開平 5 - 2 3 1 8 2 2 号公報に記載の従来の視差検出による距離測定に使用される装置の構成図である。図において、2 台の撮像機 100 a、100 b から撮り入れられた画像は、画像処理手段 (計算機) 101 において所望の処理が施される。図 21 は 2 台の撮像機 100 a、100 b から撮り入れられた画像の一例である。図 21 中 (a) を左の画像、(b) を右の画像と呼ぶことにする。これらの画像は例えば 2 5 6 階調のグレイレベルで表現されているとする。2 枚の画像は横方向のずれを生じていることから、その二つの画像のうちどちらか片方の画像の中の数画素のかたまり (微小領域) に着目すると、その微小領域とグレイレベルの一致する領域がもう一方の画像の同じ高さにあるはずである。その領域を捜すために、他方の画像上の同じ高さにある微小領域と相関をとり、その結果最も相関がある位置を対応点とする。この相関は、画像処理手段 101 により算出される。

【0 0 0 6】次に一連の動作手順をフローチャートに従って説明する。図 22 のフローチャートに沿って相関のとり方を具体的に説明する。なお、図中 S T i (i = 自然数) はステップ番号を表す。まず 2 台の撮像機から画像を撮り入れ (ST1)、その画像のうち例えば図 21 中 (a) の画像の中から基準となる微小領域 A を決める (ST2)。図 21 中 (b) の画像に左の画像の中の微小領域 A と同じ位置にある微小領域をとり、B とする (ST3)。2 つの微小領域 A と B の相関をとるため、それぞれの領域の中の同じ位置にある画素間のグレイレベルの差をとる (ST4)。次に、図 21 中 (b) の画像の中の微小領域 B を 1 画素分横方向にずらし (ST5)、同様に基準となる A と新たに決めた B の差をとる。B を 1 画素ずつ走査線上をずらしながら繰り返し相関をとり、その結果から図 23 のような微小領域 B の位置に対する 2 つの領域のグレイレベル

の差が得られたとすると、このグラフの中で最も小さくなるところを求めれば (ST6)、このときに微小領域Bのある位置B'がAと対応する可能性がもっとも高い位置となり、処理を始めたときのBの位置からB'までの距離が $(x_i - x_i')$ に相当する (ST7)。これをすべての領域について行なう (ST8)。

【0007】なお、図23は右の画像上で領域Aに相当する位置からの領域Bの距離とそれに対応する左画像の領域Aと右画像の領域Bとの輝度差の関係を示したもので、領域Bを領域Aに相当する位置から δ だけ離れた位置B'で輝度差が最小になることを示している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の視差検出による距離測定法は以上のようなものである、距離計測の精度を向上させて、画面全体の視差を検出し距離測定を行なうためには、1画面の画素数が $n \times n$ の場合、 n^3 のオーダーの処理時間が必要となり、画素数の増加とともに処理時間が急激に増加するという問題点があった。

【0009】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、非常に高速で且つ高精度の視差検出を実現可能な画像処理装置及び画像処理方法を得、ひいては視差検出による距離測定や移動検出、速度測定などの情報処理を高速に行なえる画像処理装置及び画像処理方法を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明に係る画像処理装置は、画像の輝度差より物体の輪郭を検出する輪郭検出装置を、該輪郭検出装置上の走査線方向に離れて2台配置し、該2台の輪郭検出装置により検出され対応する一走査線分の1組の輪郭情報の相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体までの距離を計算する計算機とを備えたものである。

【0011】請求項2に記載の発明に係る画像処理装置は、画像の輝度差より物体の輪郭を検出する輪郭検出装置と、第1のメモリに記憶された特定の時刻の物体の輪郭情報を用いて、異なる時刻間の物体の輪郭情報を画像の一走査線毎に相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体の走査線方向の移動角度を計算する計算機とを備えたものである。

【0012】請求項3に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項2において、計算された移動角度の情報を基に、配置された輪郭検出装置の物体の走査線方向への設置角度を制御する設置角度制御装置をさらに備えたものである。

【0013】請求項4に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至3において、輪郭検出装置が、2次元

のアレイ状に配置され制御電圧回路から印加された制御電圧と照射される光の強度および照射時間の積に応じた光検出感度を順次加算し記憶する機能を有する感度可変受光素子と、該感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路とを備えた人工網膜素子であることを規定するものである。

【0014】請求項5に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至4において、相関演算装置が、感度可変受光素子と発光素子とを積層して2次元のアレイ状に配置し、該感度可変受光素子に印加する制御電圧回路と、発光素子を発光させるための電源供給回路と、感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路を備えた光ニューロチップにより構成され、該光ニューロチップにおける出力回路がアレイ状の感度可変受光素子の出力をアレイの斜め方向に加算して出力する出力回路であることを規定するものである。

【0015】請求項6に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至4において、相関演算装置が一走査線毎の情報の相関行列を並列に計算し、相関行列の要素毎に並列に加算する機能を有する学習機能付きニューロチップを備えた相関演算装置であることを規定するものである。

【0016】請求項7に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至3において、輪郭検出装置に分解能制御装置をさらに備えたものである。

【0017】請求項8に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至3において、輪郭検出装置が、撮像機と該撮像機によって得られた画像を計算処理して物体の輪郭情報を得る計算機とで構成されることを規定するものである。

【0018】請求項9に記載の発明に係る画像処理装置は、請求項1乃至3において、相関演算装置により求めた相関行列の対角方向への和の値を記憶する第2のメモリを備えたことを規定するものである。

【0019】請求項10に記載の発明に係る画像処理方法は、複数の入力画像から同じ高さの走査線毎にそれぞれの走査線中の輝度差により輪郭情報を検出する第1のステップと、同じ高さの走査線の輪郭情報の相関行列を計算する第2のステップと、第2のステップにより求められた相関行列を行列の要素毎に加算する第3のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第4のステップと、第4のステップで求めた相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第5のステップと、該ずれ量から物体の距離を計算する第6のステップとを備えたものである。

【0020】請求項11に記載の発明に係る画像処理方法は、入力画像から走査線中の輝度差により走査線毎に輪郭情報を検出する第1のステップと、メモリから特定時刻の画像の前記入力画像と同じ高さの走査線の輪郭情報を読み出す第2のステップと、異なる2つの時刻の輪

郭情報の相関行列を計算する第 3 のステップと、第 3 のステップにより求められた相関行列を行列の要素毎に加算する第 4 のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第 5 のステップと、第 5 のステップで求めた相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第 6 のステップと、該ずれ量から物体の走査線方向の移動角度を計算する第 7 のステップとを備えたものである。

【0021】請求項 12 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 11 において、物体の走査線方向の移動角度の情報から画像を取り込む検出装置の走査線方向の設置角度を制御する第 8 のステップをさらに備えたものである。

【0022】請求項 13 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 11 または 12 において、相関行列の対角方向の和を求める第 5 のステップの後に、第 6 及び第 7 のステップに代わって、相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させるステップと、異なる時刻のずれ量と相関行列の対角方向の和をメモリから読み出し、該異なる時刻の相関行列の対角方向の和を比較し差分値を計算するステップと、該差分値及びそれぞれの時刻のずれ量から物体の移動に関する情報を計算するステップとを備えたことを規定するものである。

【0023】請求項 14 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 10 の物体の距離と、請求項 11 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載の物体の走査線方向の移動角度とから物体の走査線方向の移動速度を計算するステップを備えたことを規定するものである。

【0024】請求項 15 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 11 または 12 において、予め物体のない背景画像による輪郭情報をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報として、前記予め物体のない背景画像による輪郭情報を用いることを規定するものである。

【0025】請求項 16 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 13 において、予め物体のない背景画像の該輪郭情報による相関行列の対角線方向の和をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報による相関行列の対角線方向の和として、前記予め物体のない背景画像の輪郭情報による相関行列の対角線方向の和を用いることを規定するものである。

【0026】請求項 17 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 10 乃至 16 において、相関行列を計算するステップにおいて、輪郭情報の一部を用いて相関行列を計算することを規定するものである。

【0027】請求項 18 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 10 乃至 17 において、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求めるステップにおいて、走査線の輪郭情報の相関行列を計算し要素毎に加算するステップで生じる相

関の強い行列の偽の要素を除去する手法を用い、該手法が相関行列の対角線からのずれ量に対し相関の強い行列の真の要素と対称な位置に生じる要素を除去するものであることを規定するものである。

【0028】請求項 19 に記載の発明に係る画像処理方法は、請求項 10 乃至 18 において、別の手段により取り込まれた画像を用い、該画像の走査線毎の輪郭情報に相当するベクトルを計算するステップを備えたことを規定するものである。

【0029】

【作用】この発明の請求項 1 に係わる画像処理装置は、走査線方向に離れて配置した 2 台の輪郭検出装置により検出され対応する一走査線分の 1 組の輪郭情報の相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体までの距離を計算する計算機とを備え、物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体までの距離を高速に求めることができる。

【0030】また、この発明の請求項 2 に係わる画像処理装置は、物体の輪郭を検出する輪郭検出装置と、第 1 のメモリに記憶された特定の時刻の物体の輪郭情報を用いて、異なる時刻間の物体の輪郭情報を画像の一走査線毎に相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体の走査線方向の移動角度を計算する計算機とを備え、異なる時刻の物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体の移動角度を高速に求めることができる。

【0031】また、この発明の請求項 3 に係わる画像処理装置は、請求項 2 において、物体の走査線方向への移動角度を輪郭検出装置の走査線方向の設置角度にフィードバックすることにより物体の追尾を可能とする。

【0032】また、この発明の請求項 4 に係わる画像処理装置は、請求項 1 乃至 3 において、輪郭検出装置として、複数の感度可変受光素子と該複数の感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路とを備えた人工網膜素子を備えたので、物体の画像とりこみと同時に輪郭検出を行うことができ、物体までの距離及び物体の移動角度を高速に求めることができる。

【0033】また、この発明の請求項 5 に係わる画像処理装置は、請求項 1 乃至 4 において、相関演算装置が、感度可変受光素子と発光素子とを積層して 2 次元のアレイ状に配置し、該感度可変受光素子に印加する制御電圧回路と、発光素子を発光させるための電源供給回路と、感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路を備えた光ニューロチップにより構成され、該光ニューロチップにおける出力回路がアレイ状の感度可変受光素子の出力をアレイの斜め方向に加算して出力する出力回路であるので、光ニューロチップの発光素子の電源供給回路に

相関行列を計算する一方のデータを入力し、感度可変受光素子の制御電圧に相関行列を計算する他方のデータを入力することで、感度可変受光素子の出力は自動的に相関行列の結果となるのでこの行列計算を高速に行うことができる。さらに、感度可変受光素子の出力を斜め方向に加算する出力回路を有するので、この出力回路における出力は相関演算の結果となり、これらの作用を合わせると行列計算から相関演算まで高速に処理することが可能となる。

【0034】また、この発明の請求項6に係わる画像処理装置は、請求項1乃至4において、相関演算装置が学習機能付きニューロチップを備えているので、相関演算装置が一走査線毎の情報の相関行列を並列に計算し、相関行列の要素毎に並列に加算することが容易のため、相関行列の計算を高速に処理することができる。

【0035】また、この発明の請求項7に係わる画像処理装置は、請求項1乃至3において、輪郭検出装置に分解能制御装置をさらに備えたので、一走査線毎でなく、複数の走査線毎の輪郭情報を用いることにより、ノイズ等の影響を判断できた左右の画像のエッジの位置が上下に多少ずれた場合でも対処でき、結果として画像処理、即ち距離計測や移動角度の計測精度が向上する。

【0036】また、この発明の請求項8に係わる画像処理装置は、請求項1乃至3において、輪郭検出装置が、撮像機と該撮像機によって得られた画像を計算処理して物体の輪郭情報を得る計算機とで構成されるので、高速の計算機を用いることにより汎用の撮像機で高速に輪郭検出が可能となる。

【0037】また、この発明の請求項9に係わる画像処理装置は、請求項1乃至3において、相関演算装置により求めた相関行列の対角方向への和の値を記憶する第2のメモリを備えたので、必要に応じて第2のメモリから必要な時刻の情報を読み出すことによりそれらの情報を用いて物体の移動に関する情報を得ることができる。

【0038】また、この発明の請求項10に係わる画像処理方法は、複数の入力画像から輪郭情報を検出する第1のステップと、同じ高さの走査線の輪郭情報の相関行列を計算する第2のステップと、相関行列を行列の要素毎に加算する第3のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第4のステップと、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第5のステップと、該ずれ量から物体の距離を計算する第6のステップとを備えたので、物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体までの距離を高速に求めることができる。

【0039】また、この発明の請求項11に係わる画像処理方法は、入力画像から走査線毎に輪郭情報を検出する第1のステップと、メモリから特定時刻の画像の前記入力画像と同じ高さの走査線の輪郭情報を読み出す第2のステップと、異なる2つの時刻の輪郭情報の相関行列

を計算する第3のステップと、相関行列を行列の要素毎に加算する第4のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第5のステップと、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第6のステップと、該ずれ量から物体の走査線方向の移動角度を計算する第7のステップとを備えたので、異なる時刻の物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体の移動角度を高速に求めることができる。

【0040】また、この発明の請求項12に係わる画像処理方法は、請求項11において、物体の走査線方向の移動角度の情報から画像を取り込む検出装置の走査線方向の設置角度を制御する第8のステップをさらに備えたので、物体の追尾を可能とする。

【0041】また、この発明の請求項13に係わる画像処理方法は、請求項11または12において、相関行列の対角方向の和を求める第5のステップの後に、第6及び第7のステップに代わって、相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させるステップと、異なる時刻のずれ量と相関行列の対角方向の和をメモリから読み出し、該異なる時刻の相関行列の対角方向の和を比較し差分値を計算するステップと、該差分値及びそれぞれの時刻のずれ量から物体の移動に関する情報を計算するステップとを備えたので、必要に応じてメモリから必要な時刻の相関行列の対角方向の和を読み出すことによりそれらの差分値を用いて簡便に物体の移動に関する情報を得ることができる。

【0042】また、この発明の請求項14に係わる画像処理方法は、請求項10の物体の距離と、請求項11乃至請求項13のいずれか1項に記載の物体の走査線方向の移動角度とから物体の走査線方向の移動速度を計算するステップを備えたので、高速に物体の距離及び移動角度等の情報を得ることができる。

【0043】また、この発明の請求項15に係わる画像処理方法は、請求項11または12において、予め物体のない背景画像による輪郭情報をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報として、前記予め物体のない背景画像による輪郭情報を用いるので、相関行列を計算する際に出現する偽の相関等のノイズの影響を除去することができる。

【0044】また、この発明の請求項16に係わる画像処理方法は、請求項13において、予め物体のない背景画像の輪郭情報による相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させておき、異なる時刻の一方の輪郭情報の相関行列の対角方向の和として、前記予め物体のない背景画像の輪郭情報による相関行列の対角方向の和を用いるので、相関行列を計算する際に出現する偽の相関等のノイズの影響を除去することができる。

【0045】また、この発明の請求項17に係わる画像処理方法は、請求項10乃至16において、相関行列を

計算するステップにおいて、輪郭情報の一部を用いて相関行列を計算するので、必要な情報を限定することができるので画像処理が高速化され、さらに不要な行列要素を用いないので相関行列を計算する際に出現する偽の相関等のノイズの影響を低減することができる。

【0046】また、この発明の請求項18に係わる画像処理方法は、請求項10乃至17において、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求めるステップにおいて、走査線の輪郭情報の相関行列を計算し要素毎に加算するステップで生じる相関の強い行列の偽の要素を除去する手法を用い、該手法が相関行列の対角線からのずれ量に対し相関の強い行列の真の要素と対称な位置に生じる要素を除去するものであるため、相関の強い行列の偽の要素を容易に除去することが可能で画像処理の精度が向上する。

【0047】また、この発明の請求項19に係わる画像処理方法は、請求項10乃至18において、別の手段により取り込まれた画像を用い、該画像の走査線毎の輪郭情報に相当するベクトルを計算するステップを備えたので、ベクトルさえ計算すれば、任意の画像を用いることが可能となる。

【0048】

【実施例】

実施例1. この発明の一実施例を図について説明する。図1は本発明の画像処理装置の構成で特に距離測定装置として利用した場合の装置構成を示す。図1において輪郭検出装置1a、1b（以降1aを左の輪郭検出装置、1bを右の輪郭検出装置と称する）、から得られた物体の輪郭情報を基に相関演算装置2を用いて相関及び相関の和を計算し、この計算結果を基に計算機3を用いて相関の強いずれ量及び物体の距離等の計算を行う。図2は本装置を使用して具体的な距離計測等を行うための画像処理法の手順を示したものである。図中STi（i=自然数）はステップ番号を表す。

【0049】また、図3は本発明の画像処理装置に搭載する輪郭検出器である人工網膜素子の動作原理を説明する図である。人工網膜素子(Artificial retina)は、一般には複数個の感度可変受光素子(Variable Sensitive Photo Detector)と、制御電圧回路部と、出力回路部とを備えている。図3は、例えば「Optical neuro-device: K.Kyuma, E.Lange, and Y.Nitta, Optoelectron., Devices and Technol., vol.8, no.1, pp.35-52, March, 1993.」の46頁に示されたもので、輪郭検出装置1a、1bとして、入力画像の輪郭を走査線ごとに高速に検出する機能を有するものである。図において、感度可変受光素子4の2つの端子にかかる電圧の大きさと向きによって光に対する感度を変えることができる2つの端子にはそれぞれ制御電圧用行方向配線5と、列方向の電流和をとることのできる出力用列方向配線6が接続される。

【0050】まず、人工網膜素子を使用した時の輪郭検

出の原理について説明する。図3中(a)に示すように1行目に電圧1を、2行目に電圧-1を加える。光は図中右上領域に照射され、左したの陰の領域には照射されていない。このとき、1行目と2行目で感度可変受光素子4に照射された光の強さが同じ部分では列方向で出力が加算され、出力は0となる（1、3～5列目参照）。1行目と2行目で光の強度が変化している部分のみ0でない出力1が現れる（2列目の出力）。すなわち、輪郭の検出が行われる。次に印加する電圧を図(a)中の下方にずらし、図中(b)のように、2行目に電圧1を、3行目に電圧-1を加える。このとき、1行目と2行目で光の強度が変化している部分のみ0でない出力1が現れる（3列目の出力）。この走査を繰り返して、電圧を順にずらして印加していき、その時の出力信号を並べると、図中(c)のような行列が形成される。このように、輪郭検出装置としてこのような人工網膜素子を用いると、走査線1本分の輪郭を同時にかつ並列に検出できる。且つ輪郭情報に関する行列を得ることができる。

【0051】次に、動作手順を図2のフローチャートに従って説明する。まず、2台のエッジ検出装置1a、1bにより、左右の入力画像から同じ高さの走査線上の輪郭を走査線1本分ずつ検出する(ST101)。輪郭情報は、輪郭のあるところの値は1で、ないところは0とする。右と左の画像のk番目の走査線の輪郭情報を $V_k(k, i)$ と $V_l(k, j)$ とすると、輪郭情報 $V_k(k, i)$ と $V_l(k, j)$ 間の各要素ごとの相関 $W_k(i, j)$ は次式(5)で与えられ、これを相関演算装置2を用いて求める(ST102)。

$$W_k(i, j) = V_k(k, i) \cdot V_l(k, j) \quad \dots (5)$$

なお、相関演算装置2の一例については、後で詳しく説明する。

【0052】図4に左と右の入力画像の1画面分の輪郭情報の一例を示す。図中(a)は左の入力画像、(b)は右の入力画像である。図において、黒い画素は図3の原理に基づいて検出された輪郭のある場所を示しており、図3(c)の行列に相当する。また、この図4を基に式(5)により求めたk行目の輪郭の相関結果を図5に示す。図において、7a～7dは相関 $W_k(i, j)$ が1であった要素を表す。また、8は対角線を表す。相関 $W_k(i, j)$ が1であるということは、k行目の輪郭情報のうち、右の輪郭情報のi番目と左の輪郭情報のj番目が1であるということで、両者が対応する可能性があることを示す。図5における相関が1である要素7a～7dのうち、要素7aと7dは正しい対応関係により生じた相関、即ち同一の輪郭により生じた正しいマッチングによる相関であり、要素7bと7cは誤った対応関係により生じた相関、即ち偽のマッチングによる相関である。図のように、正しいマッチングによる相関（7aと7d）は、対角線と並行に並ぶ。

【0053】次に、相関演算装置2において、相関の演算結果をそれまでの演算結果に加算する(ST103)。相

関の計算(ST102)と加算(ST103)をすべての走査線について実行する。次に、すべての走査線についての相関の和をとった結果から、次式(6)で与えられる対角線方

$$I_{\delta} = \sum_{i=1}^n W(i, i + \delta) \quad \dots \dots \quad (6)$$

【0055】式(6)において、 $1 \leq i + \delta \leq n$ を満足するものとする。対角線8からの距離はずれ量 δ に相当するため、これにより、ずれ量 δ に対する対応点の数、即ちエッジ画像を走査線方向に δ 画素ずらして重ねた時にエッジが重なる画素の数 I_{δ} の分布が得られる。次に、データ I_{δ} を計算機3に転送し、計算機によってデータ I_{δ} を元に相関の強いずれ量 δ を求める(ST105)。あるずれ量で相関が強くなるということは、そのずれ量に相当する視差、即ち視差に相当する距離に物体の存在する可能性が高いことを意味する。そこで、そのずれ量から(3)式に従って計算機を用いて距離を計算する(ST106)。以上の手順により、距離測定が実現される。

【0056】次に、相関演算装置2の一例として、斜め読みだし機能を有する光ニューロチップを用いた例を説明する。図6は、光ニューロチップ9を主構成要素とする相関演算装置2の構成の一例を示した図である。図において、光ニューロチップ9は、感度可変受光素子(VSPD)4がマトリックス状に配されたVSPDアレイと発光ダイオード(LED)10が行状に配されたLEDアレイとで構成される。VSPDアレイにおいて、各列を構成する感度可変受光素子4の一方の電極11は、共通して電圧印加端子に接続される。また、他方の電極12は斜め方向に共通して光電流出力端子に接続される。LEDアレイにおける各発光ダイオード10は行方向に横長の構造であってVSPDアレイの下層に形成される。13は光ニューロチップ9の各電圧印加端子に接続され、輪郭情報を感度可変受光素子4のための適正電圧に変換する電圧変換回路、14は光ニューロチップ9の各電流出力端子に接続され、各光電流を電圧に変換する光電流電圧変換回路(I-V変換回路)、15は各発光ダイオード10に注入電流 I_{10} をLEDドライバ(発光ダイオードドライバ)であり、発光ダイオード10への注入電流供給端子に接続される。

【0057】図7は、1対の感度可変受光素子4および発光ダイオード10を示す一部断面図の一例である。図に示すように光ニューロチップは、例えば、メタルコンタクト16上のn型GaAs基板17の上の2段のメサ構造で実現される。第1のメサ(下段のメサ)は発光ダイオード10を実現するものであり、n型AlGaAs層18、真性GaAs/AlGaAs層19、p型AlGaAs層20、およびp型GaAs層21で形成される。また、最上部には、絶縁フィルム22で覆われたLED用電極23が設けられる。LED用電極23は発光ダイオード10への注入電流 I_{10} の供給端子を介して、LEDドライバ15に接続される。第2のメサ(上段のメサ)は感度可変

向の和を相関演算装置2を用いて求める(ST104)。

【0054】

【数1】

受光素子4を実現するものであり、第1のメサ上の真性AlGaAs層24およびGaAs層25で構成される。第2のメサの最上部には、印加電圧端子26(Vb)と出力電流端子27(Iout)とが設けられる。印加電圧端子26は図6の電圧変換回路13に接続され、出力電流端子27は図6の光電流電圧変換回路14に接続される。また、発光ダイオードからの光は図中P₁₈のように感度可変受光素子4へ照射される。

【0058】光ニューロチップの動作については、例えば前述の人工網膜素子に関するものと同じ文献「Optical neuro-devices: K.Kyuma, E.Lange, and Y.Nitta, Optoelectron., Devices and Technol., vol.8, no.1, pp. 35-52, March, 1993.」の36~45頁に示されている。光ニューロチップの感度可変受光素子の光検出感度は、印加電圧の大きさによって制御可能である。すなわち、印加電圧の極性と大きさを変えることによって、光検出感度は、正の最大値から負の最大値まで連続的に変化する。また、感度可変受光素子は、電圧が印加された状態で光が照射されると、印加電圧と光強度と光照射時間の積に応じた光検出感度を記憶する。また、この動作を繰り返した場合、記憶される光検出感度は順次加算される。光検出感度が保持された後に、光が照射されれば、保持されていた感度に応じた光電流を出力する。

【0059】本発明に使用した構造の光ニューロチップ(図6、7)の動作は、上記の光ニューロチップの動作に従えば次のようになる。発光ダイオード10から入力された光強度を感度可変受光素子4は入力された制御電圧でもって検出する。即ち、発光ダイオード10の光強度を制御する注入電流 I_{10} と感度可変受光素子4の制御電圧とにそれぞれ所望のデータを入力すれば、感度可変受光素子4の出力はそれらのデータの演算結果となる。

【0060】次に、光ニューロチップを用いた相関演算装置2による相関演算動作について図8に示したフローチャート(画像処理手順)に従って、説明する。なお、図中図2と同じ手順については同じSTiが付されている。図2のフローチャートとの違いは、図2中のST102の具体的手法として光ニューロチップを使用した点で、そのステップは2重枠で示している。まず、ST101で得られた2つの輪郭情報 $V_k(k, i)$ 、 $V_l(k, j)$ の1方を電圧変換回路13へ入力し、輪郭情報に相当する制御電圧(Vb)が第1の列の感度可変素子4に印加される。それと同時に、他方の輪郭情報をLEDドライバ15へ入力すると、輪郭情報により第1の行の発光ダイオードにLED駆動電

流(I_{LED})を流して発光ダイオード10をオン状態にする(ST107)。一定時間の後、VSPD制御電圧(V_b)及び、LED駆動電流(I_{LED})をオフにする。各感度可変受光素子4は、制御電圧(V_b)と自素子へ照射される光の強度(即ち発光ダイオードからの光強度)及び照射時間の積に応じた光検出感度を記憶する。従って、この動作により式(5)に応じた相関 $W_i(i, j)$ がマトリックス状に配されたVSPDアレイの個々の感度可変受光素子4上に記憶される。その後、次の走査線の輪郭情報に対して同様な動作を繰り返す。この時、記憶される光検出感度は順次加算される(ST108)。すべての走査線の処理が終了した後、全発光ダイオード10を点灯し、斜め方向に配線された電極12から記憶された光検出感度を斜め方向に加算して読み出し、光電流電圧回路15により電圧信号に変換する。この電圧信号は、既に式(6)の情報を持っている。即ち、光ニューロチップを用いた相関演算装置2を使用することにより、相関の計算(ST102)を全走査線について実施すれば加算(ST103)された情報が得られ、容易に加算結果の対角線方向への読みだし(ST104)を実現できる。

【0061】実施例2. 以下、この発明の別の実施例を図について説明する。図9は本発明の画像処理装置の構成で特に物体の移動検出装置として利用した場合の装置構成を示す。図において、ある時刻 t に検出した1画面分の輪郭情報をメモリ28に保存しておき、次の時刻 $t+1$ に輪郭検出装置1cより検出される輪郭情報とメモリ28に記憶されていた t 時の輪郭情報との相関を、相関演算装置2により求め、その相関から計算機3を利用して物体の移動角度を検出する。図10は本装置を使用して具体的な移動検出等を行う画像処理法の手順を示したフローチャートである。

【0062】次に、本装置を利用して物体の移動を検出する手順について、図10のフローチャートに従って説明する。輪郭検出装置1cにより、時刻 t_1 における入力画像から1走査線の輪郭情報 $V_{i1}(k, i)$ を検出する(ST201)。次に特定時刻 t_0 における走査線の輪郭情報 $V_{i0}(k, i)$ をメモリ28から呼び出す(ST202)。これら輪郭情報 $V_{i1}(k, i)$ 、 $V_{i0}(k, i)$ の間の各要素ごとの相関を相関演算装置2を用いて実施例1と同様な手法で求める(ST203)。次に、相関演算装置2において、相関の演算結果をそれまでの演算結果に加算する(ST204)。相関の計算(ST203)と加算(ST204)を全ての走査線について実行する。すべての走査線について相関の和を求めた結果から、式(6)で与えられる対角線方向の和を相関演算装置2を用いて求める(ST205)。ここで、2つの時刻 t_0 と t_1 における画像から得られたずれ量を δ_i とする。実施例1のST105と同様に相関の強いずれ量 δ_i を求める(ST206)。相関が強くどうかで物体が移動したかどうかを検知でき、これにより本発明の装置及び方法が物体の物体の移動検出機能を有することがわかる(物体の移動

検出)。また、そのずれ量 δ_i より、次式(7)を用いて走査線方向への移動角度 θ を測定できる(ST207)。

$$\theta = (\phi/p_v) \cdot \delta_i \cdots (7)$$

ここで、 ϕ は輪郭検出装置の走査線方向の視野の角度、 p_v は輪郭検出装置の走査線方向の画素数である。さらに、時刻 t_1 における全走査線の輪郭情報 $V_{i1}(k, i)$ を必要であれば、メモリ28に記憶させる(ST208)。以上の手順により、異なる時刻の輪郭情報を用いて物体の移動検出及びその移動角度が計測できる。

【0063】なお、上記実施例により得られた物体の移動情報(移動角度)を輪郭検出器1cの設置角度にフィードバックすれば、物体を追尾することができる。図11は追尾機能を付加した画像処理装置の構成例で、図9の輪郭検出器1cに設置角度制御装置29を設け、物体の移動情報により設置角度制御装置29が輪郭検出器1cの設置角度を物体を追尾できるように制御するものである。この追尾機能について図10のフローチャートに基づいて説明する。ST201～ST208については上記実施例と同じである。即ち2つの時刻 t_0 と t_1 における画像の輪郭情報から物体の移動検出及びその移動角度が計測する。さらにその物体を追尾し物体の移動情報が必要な時は、輪郭検出器1cの設置角度を設置角度制御装置29により制御し、輪郭検出器1cの画面内に物体が納まるように設定する(ST209)。続いて物体の移動情報はST201～ST208を繰り返すことにより得ることができる。

【0064】なお、上記実施例2においては、実施例1と同様に、輪郭検出装置として人工網膜素子を、相関演算装置が発光素子アレイと感度可変素子からなる光ニューロチップで感度可変素子からの出力をアレイの斜め方向に加算するものである装置を用いれば、高速で精度の高い画像処理、即ち物体の移動検出が可能となることは言うまでもない。

【0065】実施例3. 以下、本発明の別の実施例を図について説明する。上記実施例2では、物体の走査線方向への移動角度を測定しているが、上記実施例1と組み合わせる物体までの距離を同時に測定すれば、物体の走査線方向への移動速度を測定できる。この計測方法について説明する。図12は、本発明の画像処理装置の構成で特に物体までの距離と物体の移動検出を可能な装置として利用した場合の装置構成の例を示している。図において、物体の画像を取り込み走査線毎の輪郭検出を行う左右の輪郭検出装置1a、1bから得られた輪郭情報はそれぞれメモリ28に記憶され、必要に応じてその内容を読み出すことができる。また、この輪郭情報を基に、相関演算装置2を用いて相関及び相関の和を計算し、この計算結果を基に計算機3を用いて相関の強いずれ量及び物体の距離等の計算が行われる。相関演算装置2の結果及び計算機3を用いて行われた計算の結果は第2のメモリ30に記憶され、必要に応じてその内容を読み出すことができる。また、相関演算装置2においては異なる時刻

の輪郭情報を読み出すことで、それらの相関を計算し、その結果を用いて計算機3で物体の移動に関する情報を求めることができる。さらに物体を追尾する必要がある場合には物体の移動情報に応じて、設置角度制御装置29により輪郭検出装置1a、1bが同時にあるいは独立に制御される。

【0066】次に、動作手順の一例を図13のフローチャートに従って説明する。図において、ST301～ST306は実施例1の図2中ST101～ST106に相当し、ST308～ST309は実施例2の図10中ST203～ST207にほぼ相当する。

【0067】まず、2台のエッジ検出装置1a、1bにより、左右の入力画像から同じ高さの走査線上の輪郭を走査線1本ずつ検出する(ST301)。輪郭情報は、輪郭のあるところの値は1で、ないところは0とする。右と左の画像のk番目の走査線の輪郭情報を $V_k(k, i)$ と $V_k(k, j)$ とすると、輪郭情報 $V_k(k, i)$ と $V_k(k, j)$ 間の各要素ごとの相関 $W_k(i, j)$ は式(5)で与えられ、これを相関演算装置2を用いて求める(ST302)。次に、相関演算装置2において、相関の演算結果をそれまでの演算結果に加算する(ST303)。相関の計算(ST102)と加算(ST103)をすべての走査線について実行し、終了すると、すべての走査線についての相関の和をとった結果から、式(6)で与えられる対角線方向の和を相関演算装置2を用いて求める(ST304)。ここで実施例1と同様に物体の距離計測が必要な場合、輪郭画像を走査線方向に δ 画素ずらして重ねた時に輪郭が重なる画素の数 I_δ の分布が得られる。次に、データ I_δ を計算機3に転送し、計算機によってデータ I_δ を元に相関の強いずれ量 δ を求める(ST305)。ずれ量から(3)式に従って計算機を用いて距離を計算する(ST306)。ここで、これまでに得られたある時刻の輪郭情報は第1のメモリ28に、左右の画像の輪郭情報から求めた相関行列や I_δ の分布、相関の強いずれ量 δ 、物体までの距離等の情報を第2のメモリ30に記憶させる。即ち、相関演算装置2で使用する情報やデータは第1のメモリ28に、計算機3で使用する情報やデータは第2のメモリ30に記憶させる(ST307)。物体の移動に関する情報が必要な場合は、上記ST301～ST307を繰り返して、異なる時刻の輪郭情報等を収集する。

【0068】物体の移動に関する情報を得るには、例えば実施例2のように第1のメモリ28から異なる時刻の輪郭情報を読み出し、これを基に相関演算装置2で各要素毎の相関をもとめ、相関行列を計算する(ST308)。次に、相関演算装置2において、相関の演算結果をそれまでの演算結果に加算し、これを全ての走査線について実行する。すべての走査線について相関の和を求めた結果から、式(6)で与えられる対角線方向の和を相関演算装置2を用いて求め、さらに、異なる2つの時刻における画像から得られたずれ量を δ_1 を求める。このずれ量 δ_1 より、式(7)を用いて走査線方向への移動角度 θ を計算する(ST309)。さらに、ST306で求めた物体ま

での距離 Z_p と移動角度 θ から走査線方向の移動速度 U ($=Z_p \cdot \theta$)を求めることができる。さらに、この物体を追尾して情報を得る場合には、走査線方向への移動角度 θ の情報を基に輪郭検出装置1a、1bの設置角度を設置角度制御装置29により制御すればよい。

【0069】上記実施例では、物体の移動に関する情報を得るのに、比較する画像の輪郭情報の相関を求め、それにより順次相関の強いずれ量 δ_1 、移動角度等を求めたが、ST307で第2のメモリ30に記憶しておいた相関分布を利用し、異なる時刻の相関分布の差分を求める方法を用いてもよい。相関の分布が変化するという事は、その間に物体と輪郭検出装置間の距離(物体までの距離)が変化したことを意味し、従って物体の前後方向への移動を検出できる。また、差分の結果より相関の強く出ているずれ量の差を求めることにより、物体の移動距離も、移動角度も測定できる。この動作手順の例を図14のフローチャートに従って説明する。

【0070】ST307までは図13と同様である。ST311で、異なる時刻の相関分布 $I_\delta(t_0)$ 、 $I_\delta(t_1)$ を第2のメモリ30から読み出し、その差分を計算機3で計算する。差分の結果、物体までの距離の変化が検知でき、それぞれの時刻の物体までの距離(ST307で第2のメモリ30にその情報が記憶されている)の差と時間差から、次式(8)のように移動速度 V が計算できる(ST312)。

$$V = (Z_p(t_1) - Z_p(t_0)) / (t_1 - t_0) \cdots (8)$$

ここで、 $Z_p(t_1)$ は時刻 t_1 における物体までの距離を示す。また、移動距離及び式(7)を用いて移動角度を計算できることは言うまでもない。

【0071】なお、上記実施例1～3では、全走査線について相関を加算した後、対角線方向の和を読み出すようにしたが、全走査線についてでなくグループ分けした走査線の集合ごとに、あるいは必要な走査線の相関の結果を加算し、対角線方向の和を読み出すようにしても良い。さらに、走査線1本ずつの相関結果の対角線方向の和を読み出すようにしても良い。走査線毎の相関結果の対角線方向の和を読み出しすることにより、他の走査線で発生した偽のマッチングによる相関の影響を軽減でき、画面の高さ方向(走査線間)の分解能が向上する。

【0072】また、上記実施例1～3では、主に輪郭検出装置の縦と横の画素数が同じである例について示しているが、縦と横の画素数は、異なっても同様な相関行列を計算し、必要な情報を得ることができることは言うまでもない。

【0073】また、上記実施例1、3では、1組(2台)の輪郭検出装置と1台の相関演算機を用いているが、複数組の輪郭検出装置と複数台の相関演算装置を用い、それらの結果を統合しても良い。組合せ方としては、輪郭検出装置間の間隔が異なる輪郭検出装置の組を組み合わせたり、横方向に配置された一組の輪郭検出装置と縦方向に配置された一組の輪郭検出装置を組み合わせ

せたり、さまざまな色のフィルタを用いた複数の組の輪郭検出装置を組み合わせるなどが考えられる。その結果、偽のマッチングによる相関の影響の軽減等により物体の距離計測に関する精度の向上や、広い計測範囲が可能等のダイナミックレンジの向上が図れる。

【0074】また、実施例2では1台の輪郭検出装置を用いているが、例えば離れて配置した複数台の輪郭検出装置を用い、それらの結果を統合してもよい。これにより、偽のマッチングによる相関の影響を軽減することが可能である等、物体の移動に関して計測精度の向上が図れる。さらに、多数の輪郭検出装置を配置することで広く物体の移動を捉えることができ、計測範囲が拡大され、ダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

【0075】また、上記実施例1～3では、1つの物体について説明したが、物体が複数あっても良く、それぞれの物体により生じる相関の強くでるずれ量を検出することにより物体までの距離あるいは物体の移動角度を測定できる。

【0076】実施例4. 以下、本発明の別の実施例を図について説明する。上記実施例1～3では、輪郭検出装置として、主に人工網膜素子を用いた場合を示したが、高速に輪郭を検出を実施可能であるならば、撮像機と高速な輪郭計算装置の組合せなど、他の装置構成を用いても良い。図15は実施例1～3において用いた輪郭検出装置1a、1b、1cの代りに撮像機31a、31b、31cと撮像機から得た画像の走査線毎に輪郭を検出するための輪郭計算装置32を用いた装置構成を示したものである。図中(a)は図1の代替、図中(b)は図9の代替である。

【0077】次に、動作について図中(a)に基づいて説明する。まず物体に対し、走査線方向に離れて設置した2台の撮像機31a、31bを用い、物体の画像を得る。2つの画像のそれぞれについて、走査線毎に輪郭を計算する。例えば、画像が256階調のグレイレベルで表現されているとすると隣合う画素のグレイレベルの差が大のところ（例えば事前にその判断値を決めておく）を輪郭の位置として実施例1～3で用いた輪郭情報に相当する行列を作製する。輪郭情報が計算できれば、以下は実施例1～3と同様な手順に従って、画像処理を実施する。このように、汎用の撮像機と高速の計算機を組み合わせれば、輪郭検出装置として人工網膜素子を用いた場合より計算速度や精度が劣る。しかし、高速処理や高精度が要求されない場合には、汎用の装置の組み合わせで装置を構成することが可能となり、本発明の画像処理方法を容易に使用できる。

【0078】また、実施例2、3のように撮像機に設置角度制御装置を設ければ、物体を追尾することができることは言うまでもない。

【0079】実施例5. また、上記実施例1～3では、輪郭検出装置により走査線1本分の分解能で輪郭を検出したが、輪郭検出の分解能を制御する手段を設け画像に

応じて分解能を低下させても良い。図1あるいは図9の相関演算装置2に輪郭検出の分解能を制御する手段を設けて分解能を制御する。本構成を図16に示す。図において、分解能制御装置33は、相関演算装置2に併設されており、予め低分解能で処理を行いたい場合や相関演算装置2による演算結果分解能を低下させて再度演算したい場合等に、分解能を制御するよう輪郭検出装置1a、1b、1cに制御信号を送る。図中(a)は図1に、図中(b)は図9に分解能制御装置33を付加した装置構成を示している。

【0080】分解能を制御するかどうかの情報源は、実施例1～3による画像処理の結果相関が弱いという結果を得た場合や、予めレンズの収差やアライメントのずれなどの影響により、例えば左右の画像の輪郭の位置が上下に多少ずれることが予想される場合などである。輪郭検出装置1a、1b、1c内の分解能を制御する機構にその情報をインプットすることにより、分解能を低下（制御）させ、これらの悪影響を軽減でき、結果として画像処理の精度が向上する。具体的に輪郭検出の分解能を制御する方法としては、輪郭検出装置の受像面に像を結ぶ画像のピントを少しずらしたり、または輪郭検出装置として用いる人工網膜素子に加える+1と-1の電圧を走査線複数本ずつに同時に加えるなどの方法を使用すればよい。

【0081】実施例6. 上記実施例1～5では、輪郭検出装置によって画面全体の輪郭を検出していたが、走査線の一部にだけ制御電圧を印加したり、出力信号の一部だけを取り出すなどして、画面全体のうち注目する一部の画像だけの輪郭を検出するようにしても良い。これにより、画面全体では偽のマッチングによる相関の影響が強くでてしまうが、注目する領域に偽のマッチングによる相関の影響が弱い場合には全体として偽のマッチングの影響を軽減することができる。また、注目する画像と残りの部分の画像の間に生じるはずの偽のマッチングによる相関がなくなるため、トータルとして偽のマッチングによる相関かどうか判断する必要やそれによって生じる誤差がなくなる。さらに、必要な領域のみを使用するので、計算が早くなり、注目する必要な領域について高精度な測定ができる。

【0082】実施例7. 上記実施例1～6では、物体を含んだ画像の相関分布 I_0 より相関の強く出るずれ量 δ を求め、その値より物体までの距離または移動角度を求めているが、予め物体が無い時の画像（背景）の相関分布を記憶しておき、それと物体がある時の相関の分布との差分を求めて、その結果から相関の強くでるずれ量を求めて物体までの距離または移動角度を測定しても良い。これにより、背景の影響を軽減できる。

【0083】具体的には、例えば図14のフローチャートのST301において、背景画像の輪郭検出を行う。そして、この情報に従って得た相関をST307で第1及び第2

のメモリに記憶させておく。ST311でこの背景画像による情報を用いて差分を求めることにより、所望の情報、物体までの距離または移動角度等を得る。

【0084】また、図13のフローチャートにおける例は以下の通りである。ST301において、背景画像の輪郭検出を行う。そして、この情報に従って得た相関をST307で第1及び第2のメモリに記憶させておく。ST308でこの背景画像による輪郭情報を用いて創刊行列を求めることにより、所望の情報、物体までの距離または移動角度等を得る。

【0085】実施例8．上記実施例1～7においては、相関の分布 I_0 より相関の強く出るずれ量 δ を求めことが計測精度を左右する要因となっている。そのため、偽のマッチングにより生じる相関を判断し除去すれば、計測精度は向上する。以下、上記実施例において、偽のマッチングにより生じる相関を除去する方法について図を用いて説明する。実施例1で説明したように、図5において、正しい相関（真の相関）7a、7dは対角線に平行に表れ、これに対し、偽のマッチングにより生じる相関7b、7cは正しい相関7a、7dを結ぶ線に対称な位置に生じる。この性質を利用して偽のマッチングによる相関を除去すればよい。

【0086】図17は除去の方法を示した図である。図において、相関行列の対角線方向の和を並べてそのそれぞれの和の値をピークの大きさとして相対的に示したものである。まず、1つの真の相関であろうピーク値(X_n)を求めて、そこから両側に i だけ離れた X_{n-i} と X_{n+i} が消去され、 X_n が真の相関のピークであったことが記憶される。次に、 Y_n から両側の Y_{n-i} と Y_{n+i} を消去し X_n が真の相関のピークであったことが記憶される。以上の手順を繰り返すことで、真の相関の左右対称の位置に生じるピークは除去されていく。この手法により、偽のマッチングによる相関を除去すれば画像処理（計測）の精度は向上する。

【0087】実施例9．上記実施例では、相関演算装置として光ニューロチップを用いた場合を示したが、例えば、「ニューロコンピュータ工学：久間和生、中山 高編著、（株）工業調査会」の116頁～125頁に示された学習機能付きニューロチップを用いて相関演算を行ない、その結果から計算機で対角線方向への相関結果の和の計算と相関の強くでるずれ量の計算を行なうなど、同様な機能を持つ他のものを用いても良い。

【0088】図18に学習機能付きニューロチップの回路構成の一例を示す。図において、回路の2つの入力端子34a、34bに2つの画像の輪郭情報をそれぞれ入力する。画像の k 番目の走査線の輪郭情報の相関 $W_k(i, j)$ は(5)式に従って求められ、学習制御回路でシナプス荷重回路が正と指定されておれば、相関 $W_k(i, j)$ の値はキャパシタC35の電荷容量に増分として付加される。これに

よりキャパシタC35には相関行列の各要素が加算されていく。相関の演算が終了すれば、出力端子36a、36bのいずれかから、一行毎にあるいは一列毎に読み出され、別の計算機によって対角線方向への相関結果の和の計算等が行われる。以下の処理はこれまでの実施例と同様である。

【0089】実施例10．上記実施例では、相関演算装置への入力として物体を含んだあるいは物体を含まない背景の画像の走査線毎の輪郭情報を用い、物体までの距離あるいは物体の移動角度を測定する場合を示したが、この発明はこれに限られるわけではなく、別の情報を入力として用いれば様々な他の機能を実現できる。

【0090】例えば、シフトインバリエントなパターン照合に用いる場合について説明する。相関演算装置の一方より照合したい画像の1次元パターンあるいは1次元パターン処理したものを入力し、他方より予めメモリに記憶しておいた1次元パターンを入力する。両者のパターンに相関がある場合、相関演算装置より大きな出力が得られる。パターンがずれている場合でも、それに相当するずれ量で大きな相関値が得られる。従って、そのずれ量を検出しその分補正することにより、パターンのシフトインバリエントな照合を容易に実現できる。

【0091】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、走査線方向に離れて配置した2台の輪郭検出装置により検出され対応する一走査線分の1組の輪郭情報の相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体までの距離を計算する計算機とを備え、物体の輪郭情報を用いるため、従来画素数 n の3乗(n^3)のオーダであった画像処理時間が走査線数 n のオーダで処理でき、物体までの距離を高速に且つ精度良く求めることができる。

【0092】以上のように、請求項2の発明によれば、物体の輪郭を検出する輪郭検出装置と、第1のメモリに記憶された特定の時刻の物体の輪郭情報を用いて、異なる時刻間の物体の輪郭情報を画像の一走査線毎に相関行列を計算し、該相関行列の要素の値を走査線毎に加算し相関行列の対角方向への和を計算する相関演算装置と、前記相関行列の対角方向への和を基に物体の走査線方向の移動角度を計算する計算機とを備え、異なる時刻の物体の輪郭情報を用いるため、従来画素数 n の3乗(n^3)のオーダであった画像処理時間が走査線数 n のオーダで処理でき、物体の移動角度を高速に且つ精度良く求めることができる。

【0093】以上のように、請求項3の発明によれば、請求項2において、物体の走査線方向への移動角度を輪郭検出装置の走査線方向の設置角度にフィードバックすることにより物体の追尾を可能とし画像処理装置としての機能が向上する。

【0094】以上のように、請求項4の発明によれば、請求項1乃至3において、輪郭検出装置として、複数の感度可変受光素子と該複数の感度可変受光素子からの出力を処理する出力回路とを備えた人工網膜素子を備えたので、物体の画像とりこみと同時に輪郭検出を行うことができ、物体までの距離及び物体の移動角度を高速に且つ精度良く求めることができる。

【0095】以上のように、請求項5の発明によれば、請求項1乃至4において、相関演算装置として、アレイの要素を斜め方向に加算可能な回路構成を有する光ニューロチップを用いたので、相関演算が高速に処理でき且つ精度良く行えるので、結果として物体までの距離及び物体の移動角度を高速に且つ精度良く求めることができ、信頼性の高い画像処理装置を提供することができる。

【0096】以上のように、請求項6の発明によれば、請求項1乃至4において、相関演算装置が学習機能付きニューロチップを備えているので、相関演算装置が一走査線毎の情報の相関行列を並列に計算し、相関行列の要素毎に並列に加算することが容易のため、相関演算が高速に処理でき且つ精度良く行えるので、結果として物体までの距離及び物体の移動角度を高速に且つ精度良く求めることができ、信頼性の高い画像処理装置を提供することができる。

【0097】以上のように、請求項7の発明によれば、請求項1乃至3において、輪郭検出装置に分解能制御装置をさらに備えたので、一走査線毎でなく、複数の走査線毎の輪郭情報を用いることにより、ノイズ等の影響を判断できました左右の画像のエッジの位置が上下に多少ずれた場合でも対処でき、結果として画像処理、即ち距離計測や移動角度の計測精度が向上する。

【0098】以上のように、請求項8の発明によれば、請求項1乃至3において、輪郭検出装置が、撮像機と該撮像機によって得られた画像を計算処理して物体の輪郭情報を得る計算機とで構成されるので、高速の計算機を用いることにより汎用の撮像機で高速に輪郭検出が可能となる。

【0099】以上のように、請求項9の発明によれば、請求項1乃至3において、相関演算装置により求めた相関行列の対角方向への和の値を記憶する第2のメモリを備えたので、必要に応じて第2のメモリから必要な時刻の情報を読み出してその差分から、容易に物体の移動に関する情報を高速且つ高精度に得ることができる。

【0100】以上のように、請求項10の発明によれば、複数の入力画像から輪郭情報を検出する第1のステップと、同じ高さの走査線の輪郭情報の相関行列を計算する第2のステップと、相関行列を行列の要素毎に加算する第3のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第4のステップと、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量

を求める第5のステップと、該ずれ量から物体の距離を計算する第6のステップとを備えたので、物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体までの距離を高速に且つ高精度に求めることができる。

【0101】以上のように、請求項11の発明によれば、入力画像から走査線毎に輪郭情報を検出する第1のステップと、メモリから特定時刻の画像の前記入力画像と同じ高さの走査線の輪郭情報を読み出す第2のステップと、異なる2つの時刻の輪郭情報の相関行列を計算する第3のステップと、相関行列を行列の要素毎に加算する第4のステップと、加算した相関行列の対角方向の和を求める第5のステップと、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求める第6のステップと、該ずれ量から物体の走査線方向の移動角度を計算する第7のステップとを備えたので、異なる時刻の物体の輪郭情報を用いて画像処理を行うため、物体の移動角度を高速に且つ高精度に求めることができる。

【0102】以上のように、請求項12の発明によれば、請求項11において、物体の走査線方向の移動角度の情報から画像を取り込む検出装置の走査線方向の設置角度を制御する第8のステップをさらに備えたので、物体の追尾を可能とする。

【0103】以上のように、請求項13の発明によれば、請求項11または12において、相関行列の対角方向の和を求める第5のステップの後に、相関行列の対角方向の和をメモリに記憶させるステップと、異なる時刻のずれ量と相関行列の対角方向の和をメモリから読み出し、該異なる時刻の相関行列の対角方向の和を比較し差分値を計算するステップと、該差分値及びそれぞれの時刻のずれ量から物体の移動に関する情報を計算するステップとを備えたので、必要に応じてメモリから必要な時刻の情報を読み出すことによりそれらの情報を用いて簡単に物体の移動に関する多くの情報を高速且つ高精度に得ることができる。

【0104】以上のように、請求項14の発明によれば、請求項10の物体の距離と、請求項11乃至請求項13のいずれか1項に記載の物体の走査線方向の移動角度とから物体の走査線方向の移動速度を計算するステップを備えたので、高速に物体の距離及び移動角度等の多くの情報を得ることができる。

【0105】以上のように、請求項15の発明によれば、請求項11または12において、予め物体のない背景画像による輪郭情報をメモリに記憶させておき、この背景画像による情報を用いるので、相関行列を計算する際に、背景に起因して出現する偽の相関等のノイズの影響を除去することができ、精度の高い画像処理を実現する。

【0106】以上のように、請求項16の発明によれば、請求項13において、予め物体のない背景画像の輪

郭情報による相関行列の対角線方向の和をメモリに記憶させておき、この背景画像による情報を用いるので、相関行列を計算する際に、背景に起因して出現する偽の相関等のノイズの影響を除去することができ、精度の高い画像処理を実現する。

【0107】以上のように、請求項17の発明によれば、請求項10乃至16において、相関行列を計算するステップにおいて、輪郭情報の一部を用いて相関行列を計算するので、必要な情報を限定することができるので画像処理が高速化され、さらに不要な行列要素を用いないので相関行列を計算する際に出現する偽の相関等のノイズの影響を低減することができ、画像処理の精度が向上する。

【0108】以上のように、請求項18の発明によれば、請求項10乃至17において、相関行列の対角方向の和から相関の強い行列の要素の行列の対角線からのずれ量を求めるステップにおいて、走査線の輪郭情報の相関行列を計算し要素毎に加算するステップで生じる相関の強い行列の偽の要素を除去する簡便な手法を用いたので、相関の強い行列の偽の要素を容易に除去することが可能で画像処理の精度が向上する。

【0109】以上のように、請求項19の発明によれば、請求項10乃至18において、別の手段により取り込まれた画像を用い、該画像の走査線毎の輪郭情報に相当するベクトルを計算するステップを備えたので、ベクトルさえ計算すれば、任意の画像を用いることが可能となり、画像の照合等画像処理機能が增大する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1による画像処理装置を利用した距離測定装置の構成図である。

【図2】 本発明の実施例1による距離測定装置の動作手順を示すフローチャートである。

【図3】 本発明の実施例1による距離測定装置の輪郭検出装置として用いる人工網膜素子の輪郭検出原理の説明図である。

【図4】 本発明の実施例1による距離測定装置において、左右の輪郭検出装置により検出された輪郭情報の一例を示す図である。

【図5】 本発明の実施例1による距離測定装置において、左右の輪郭検出装置により検出されたk行めの輪郭情報の相関結果を示す図である。

【図6】 本発明の実施例1による距離測定装置に用いる相関演算装置である光ニューロチップの構成図である。

【図7】 本発明の実施例1による距離測定装置の相関演算装置に用いる光ニューロチップの1対の感度可変受光素子と発光ダイオードの構造を示す一部断面図である。

【図8】 本発明の実施例1による距離測定装置で用いる相関演算装置として光ニューロチップを用いた時の距

離測定装置の動作手順を示すフローチャートである。

【図9】 本発明の実施例2による画像処理装置を利用した物体の移動検出装置の構成図である。

【図10】 本発明の実施例2による移動検出装置の動作手順を示すフローチャートである。

【図11】 本発明の実施例2による別の移動検出装置の構成図である。

【図12】 本発明の実施例3による画像処理装置を利用した距離測定及び物体の移動検出が可能な装置の構成図である。

【図13】 本発明の実施例3による距離測定及び物体の移動検出の動作手順を示すフローチャートである。

【図14】 本発明の実施例3による別の距離測定及び物体の移動検出の動作手順を示すフローチャートである。

【図15】 本発明の実施例4による画像処理装置の構成図である。

【図16】 本発明の実施例5による画像処理装置の構成図である。

【図17】 本発明の実施例8による偽のマッチングによる相関を除去する方法を説明する図である。

【図18】 本発明の実施例9による相関演算装置である学習機能付きニューロチップの回路構成図である。

【図19】 ステレオ視による距離測定などで用いる三角測量の原理の説明図である。

【図20】 従来の距離測定装置の構成図である。

【図21】 従来の距離測定装置において左の撮像機から撮り入れられる画像と右の撮像機から撮り入れられる画像間で対応する微小領域を求める方法の説明図である。

【図22】 従来の距離測定装置の動作手順を示すフローチャートである。

【図23】 従来の距離測定装置で対応点を求める時の、微小領域Bの位置に対する微小領域AとBのグレイレベルの差の一例を示す図である。

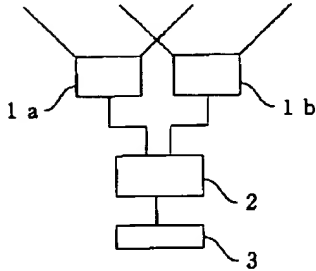
【符号の説明】

1a、1b、1c 輪郭検出装置、 2 相関演算装置、 3 計算機、 4 感度可変受光素子(VSPD)、 5 制御電圧用行方向配線、 6 出力用列方向配線、 7a~7d 相関が1である要素
8 対角線、 9 光ニューロチップ、 10 発光ダイオード(LED)、 11 感度可変受光素子の一方の電極、 12 感度可変受光素子の他方の電極
13 電圧変換回路、 14 光電流電圧変換回路、 15 LEDドライバ、 16 メタルコンタクト、 17 n型GaAs基板、 18 n型AlGaAs層、 19 真性GaAs/AlGaAs層、 20 p型AlGaAs層、 21 p型GaAs層、 22 絶縁フィルム、 23 LED用電極、 24 真性AlGaAs層、 25 GaAs層、 26 印加電圧端子、 27 出力電流端子、 28

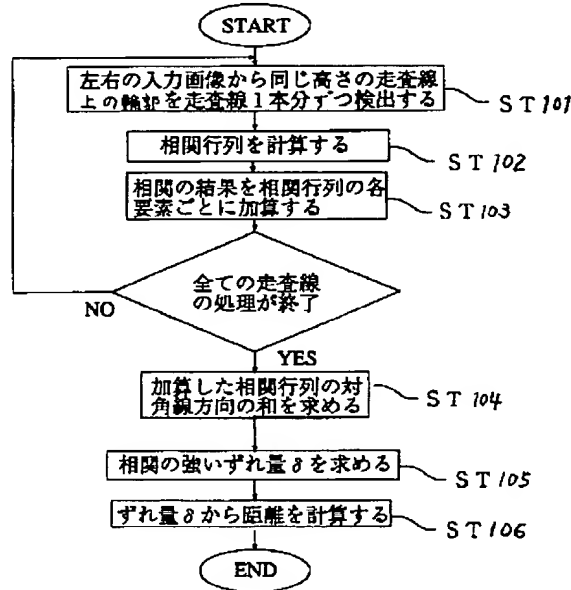
メモリ、 29 設置角度制御装置、30 第2のメモリ、
31a、31b、31c 撮像機、 32 輪郭計算装置、33
分解能制御装置、34a、34b 学習機能付きニューロ

チップの入力端子、 35 キャパシタ、36a、36b 学
習機能付きニューロチップの出力端子、100a、100b
撮像機、 101 計算機

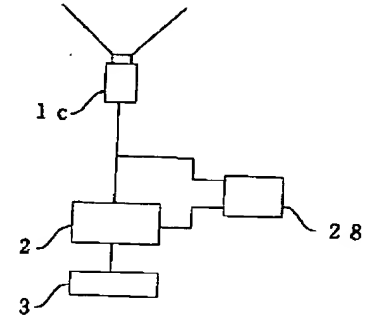
【図1】



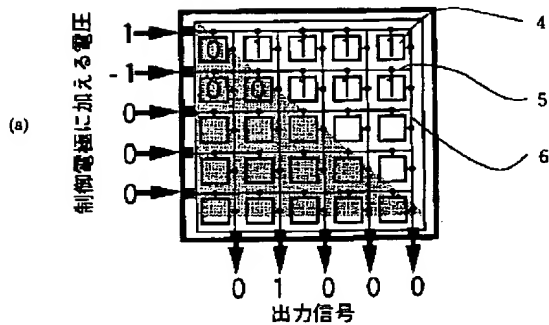
【図2】



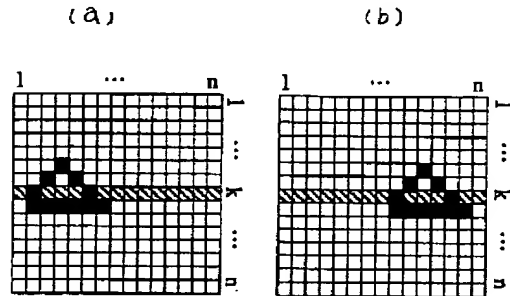
【図9】



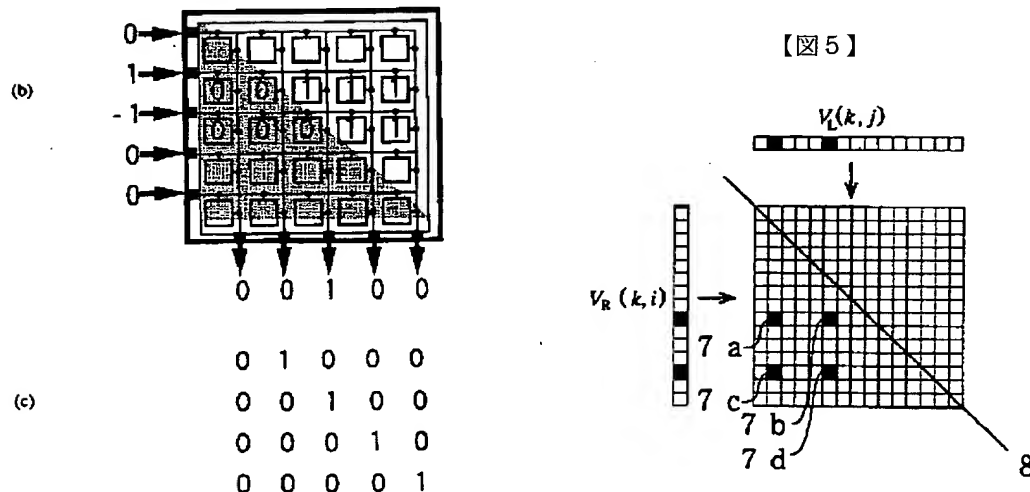
【図3】



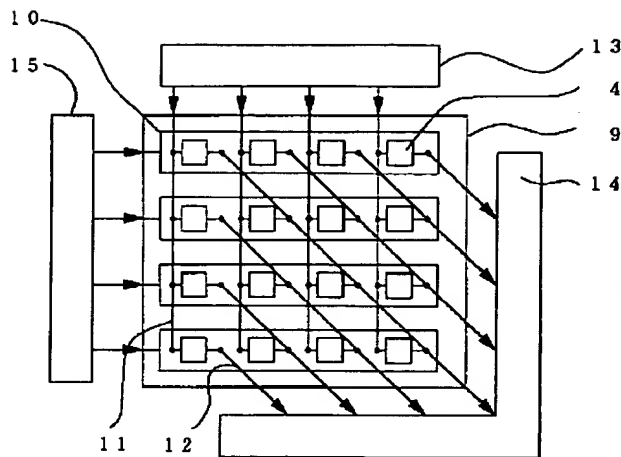
【図4】



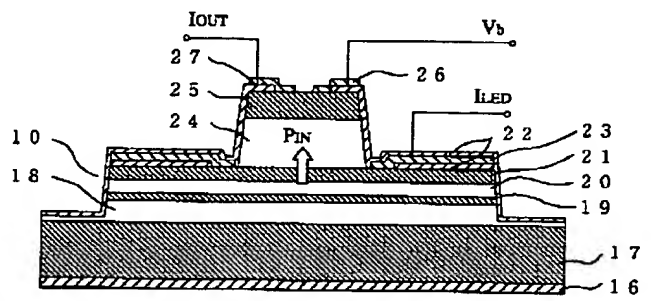
【図5】



【図6】

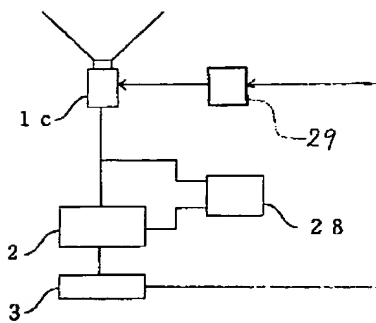


【図7】

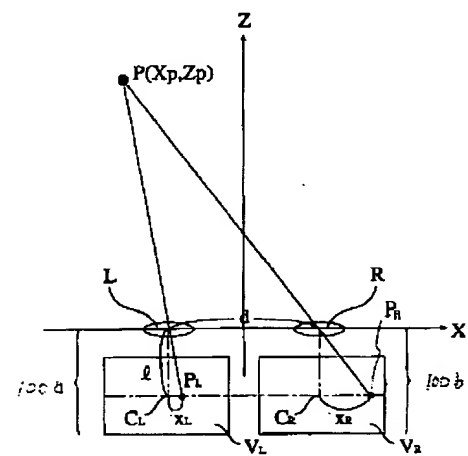
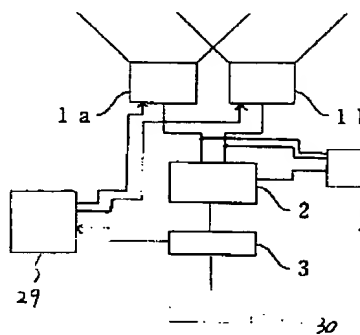


【図19】

【図11】

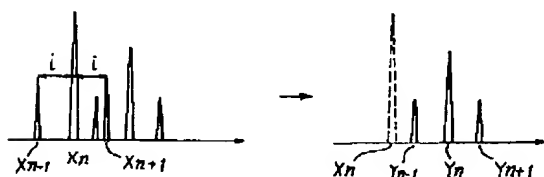


【図12】

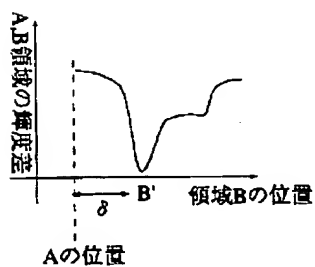


【図21】

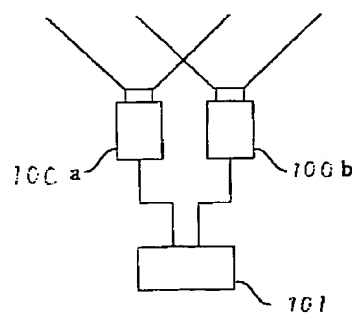
【図17】



【図23】

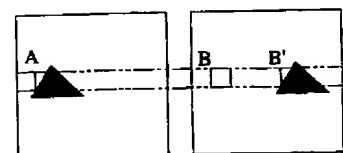


【図20】

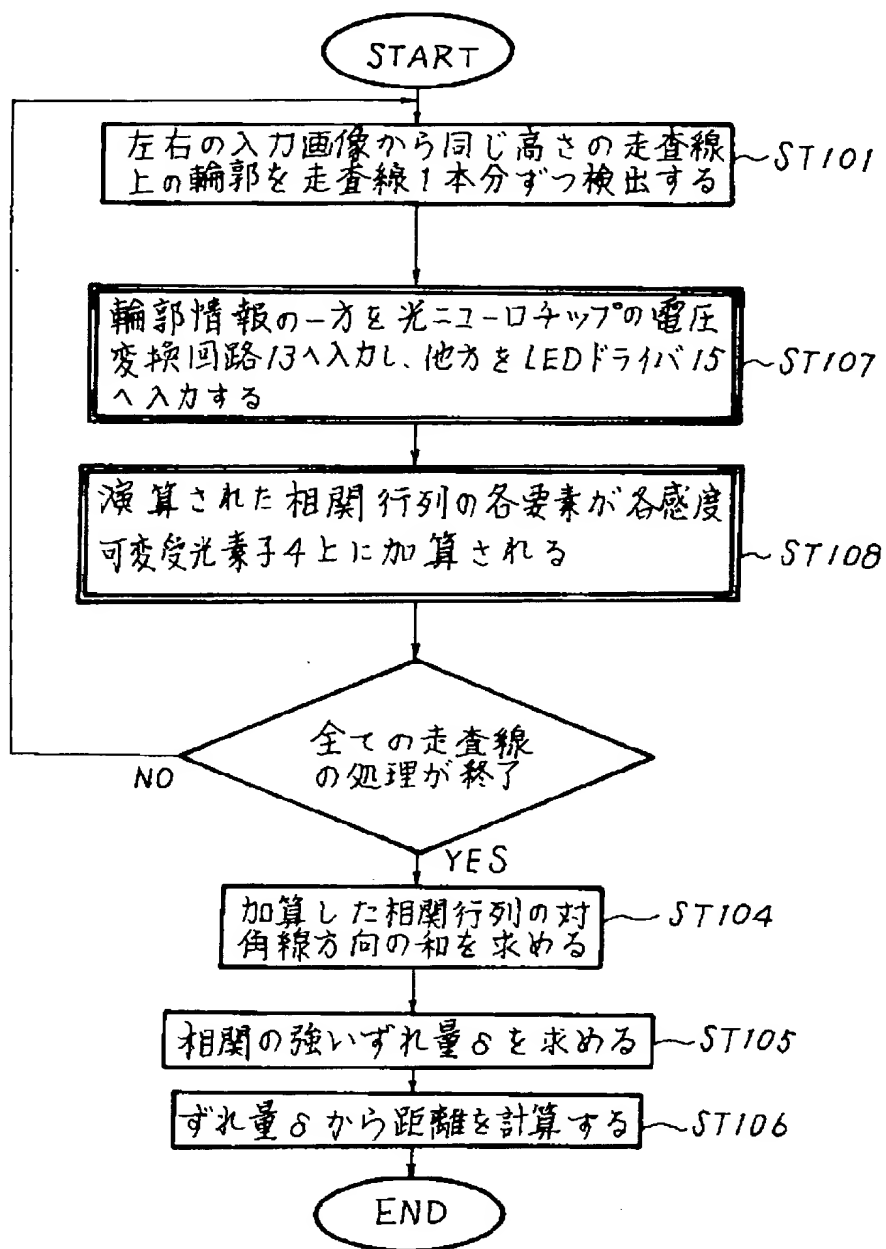


(a)

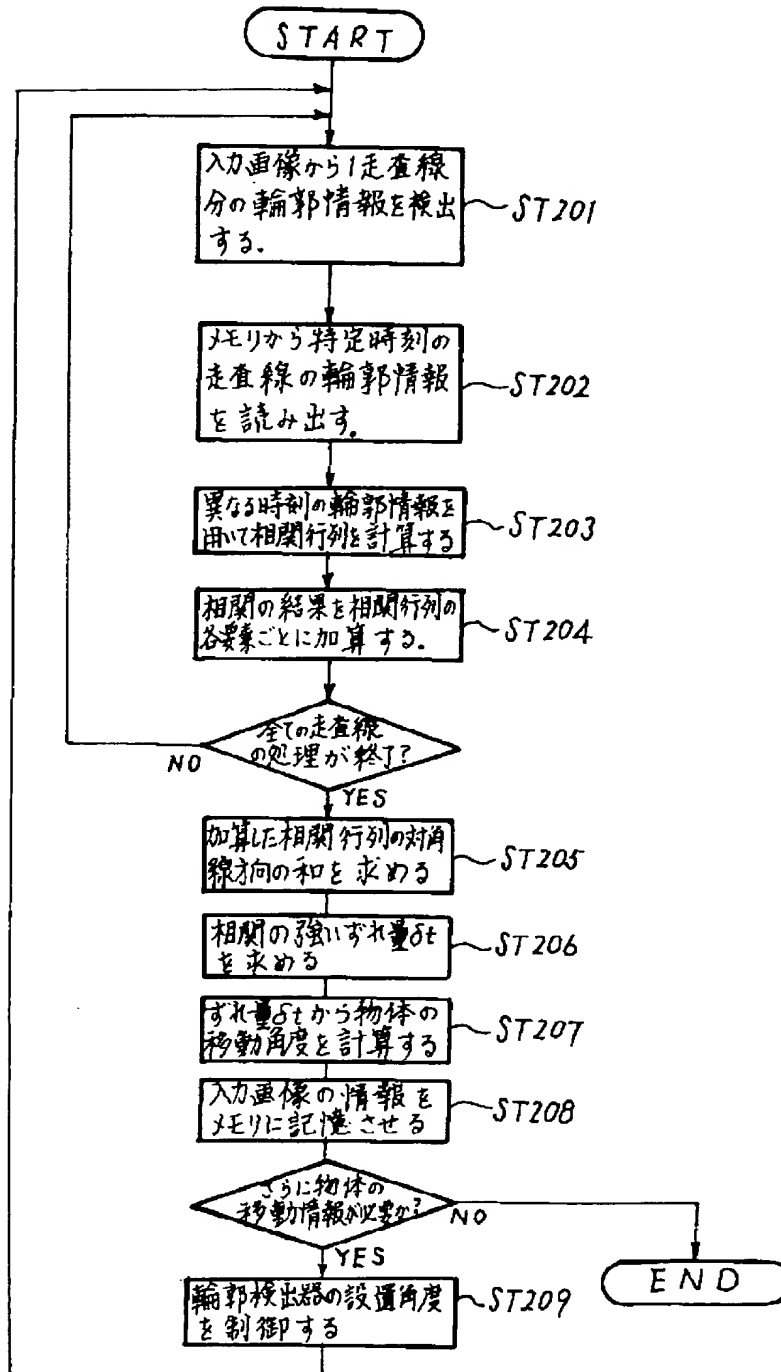
(b)



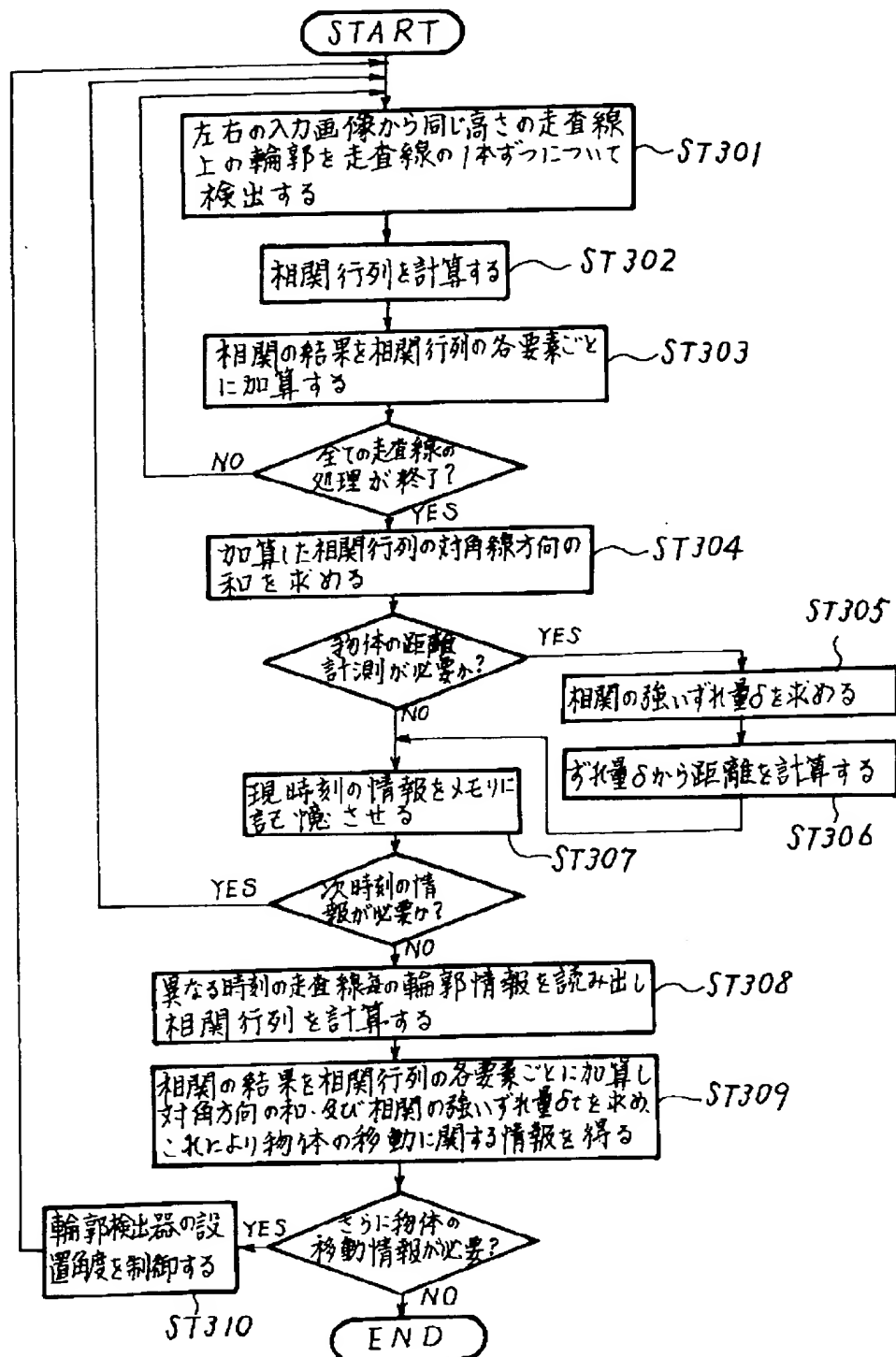
【図8】



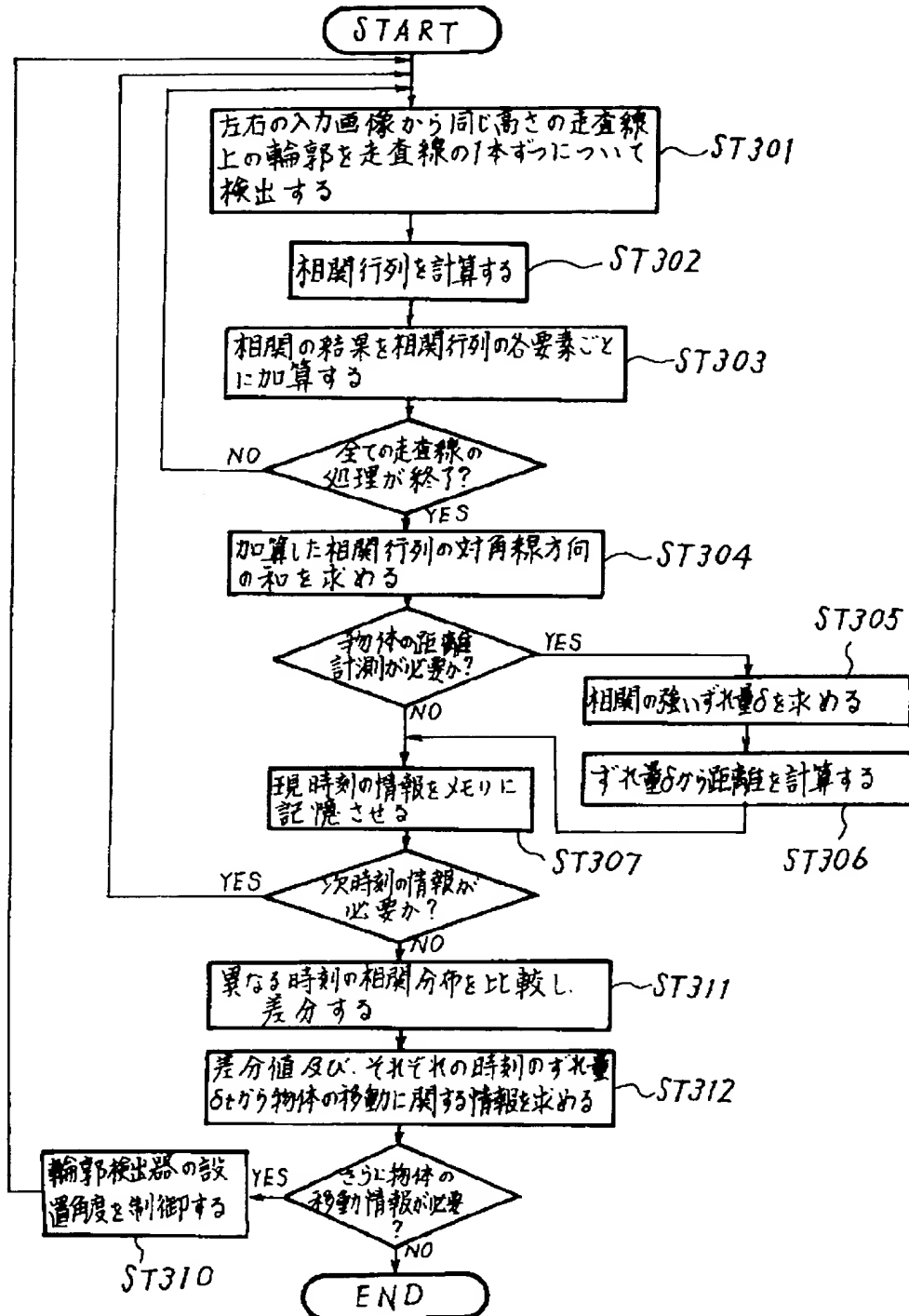
【図10】



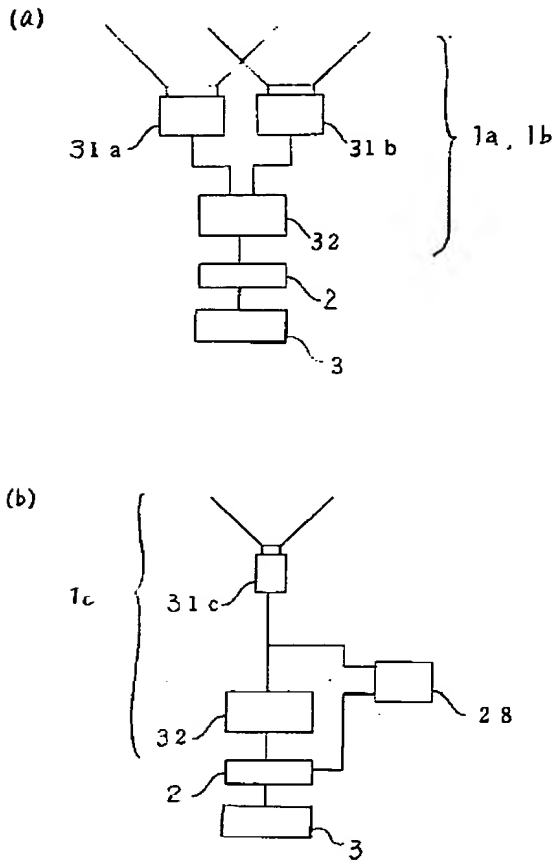
【図13】



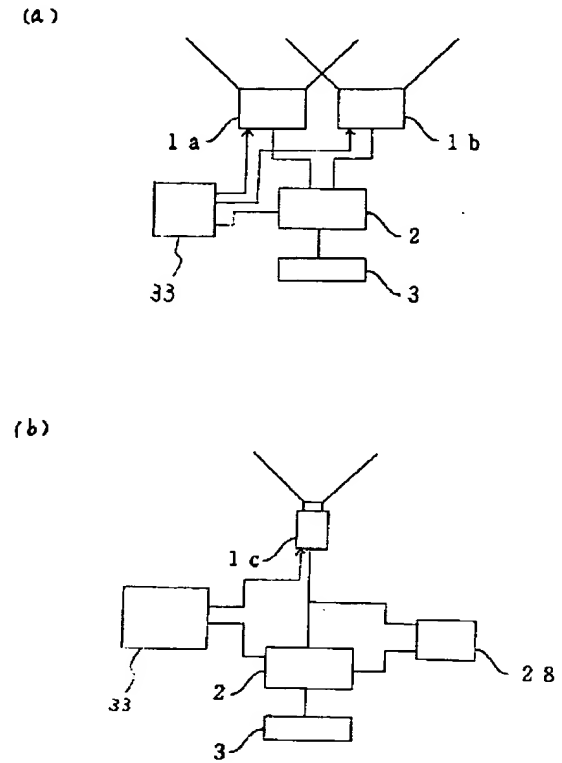
【図 14】



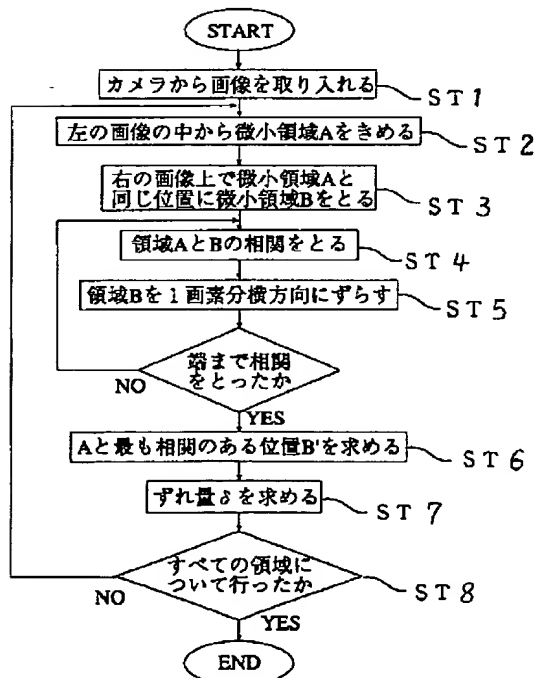
【図15】



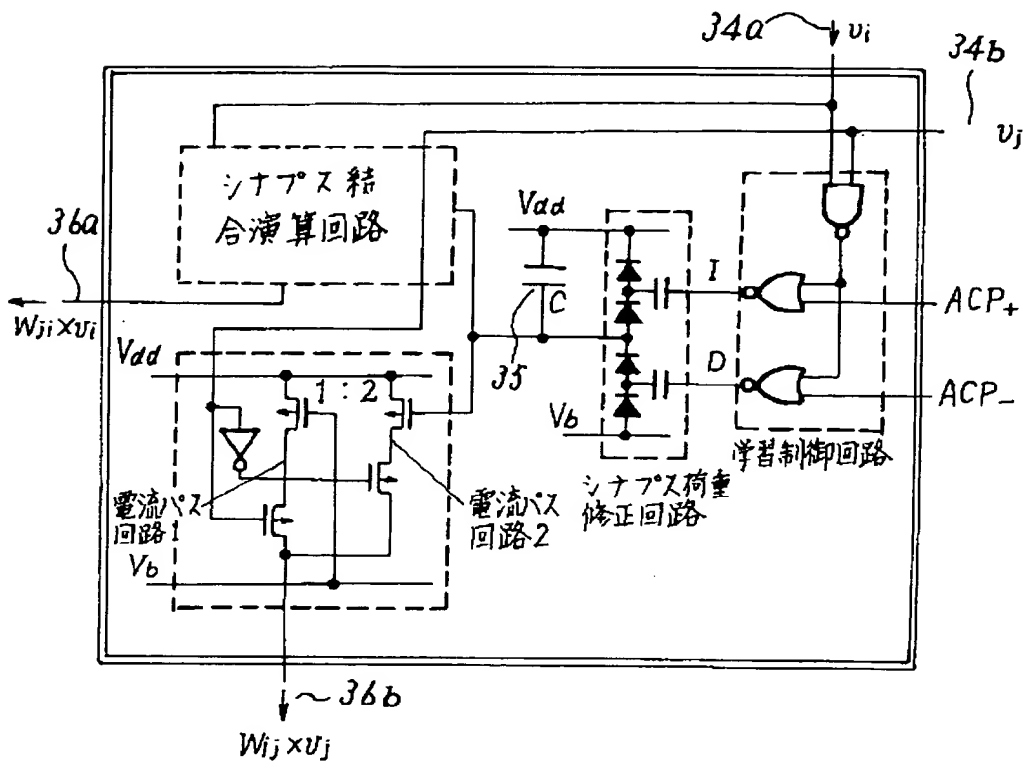
【図16】



【図22】



【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

G 0 6 G 7/60

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所